

Visualisasi Pola Aliran di Sekitar Katup Limbah Pompa Hidram pada Variasi Kemiringan Badan Katup Pengantar

Keeya Shafira Gema, Made Suarda, Ainul Ghurri

Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Pompa hidram merupakan jenis pompa yang bekerja tanpa penggunaan energi tambahan—seperti bahan bakar dan energi listrik—melainkan hanya bekerja dengan memanfaatkan ketinggian jatuhnya dari suatu sumber air serta fenomena *water hammer*. Hal tersebut tentu menjadikan peran aliran air serta komponen-komponen pada pompa hidram itu sendiri menjadi sangat krusial dalam pengoperasiannya, khususnya katup limbah dan katup pengantar pompa hidram.

Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada pengamatan pengaruh variasi kemiringan badan katup pengantar dengan variasi 15°, 30° dan 45° terhadap karakteristik aliran khususnya di sekitar katup limbah, serta pengaruhnya terhadap karakteristik pompa hidram. Kurangnya penelitian yang membahas secara spesifik mengenai karakteristik aliran di dalam pompa hidram menjadi dasar penelitian ini untuk menggunakan pompa hidram berbahan dasar akrilik berwarna transparan. Penelitian dilakukan menggunakan dua metode; metode pengujian eksperimen dengan menggunakan kamera dengan rasio bingkai tinggi (*high frame rate camera*) serta bantuan perangkat lunak *Tracker*, kemudian metode pengujian pemodelan simulasi menggunakan perangkat lunak *Ansys Fluent* dengan pengaturan *boundary condition* pada *velocity inlet* dan *outlet*.

Hasil penelitian secara eksperimen dan simulasi menunjukkan bahwa kemiringan badan katup pengantar berpengaruh terhadap karakteristik aliran di sekitar katup limbah serta berpengaruh pula pada karakteristik pompa, dimana katup pengantar dengan kemiringan badan sebesar 45° menghasilkan pemompaan yang paling besar di antara kedua variasi lainnya.

Kata kunci: Pompa hidram; visualisasi pola aliran; katup limbah; kemiringan badan katup pengantar.

Abstract

Hydraulic ram pump is a type of pump that operates without the need of external additional energy—such as fuel and electricity—but instead it utilises the head of a water source and the water hammer effect. This makes the hydraulic ram pump's components itself crucial to its operation and overall performance. This study focuses on observing the flow characteristics inside the hydraulic ram pump, around the waste valve to be exact and the hydraulic ram's characteristics itself using various angled delivery valve bodies of 15°, 30° and 45°.

Considering the lack of studies about the flow pattern inside a hydraulic ram pump, this study uses a transparent acrylic-based hydraulic ram pump to better observe the flow pattern and the flow velocity inside the hydraulic ram pump. This study uses two methods of which are; experimental study by capturing the water flow using a high frame rate camera with the help of a computer software called *Tracker*, and through simulation modeling using the help of *Ansys Fluent* using *velocity inlet* and *outlet* as the boundary condition.

This study shows results that angled delivery valve bodies affect not only the flow characteristics particularly around the waste valve but also the hydraulic ram pump's characteristics itself, whereas the bigger the angle of the delivery valve body the bigger the delivery rate. This study shows that the best delivery rate was obtained through the 45° angled delivery valve body.

Key words: Hydraulic ram pump; flow pattern visualisation; waste valve; angled delivery valve bodies.

1. Pendahuluan

Pompa hidraulik ram—selanjutnya disebut pompa hidram—merupakan pompa air sederhana yang dalam pengoperasiannya hanya memanfaatkan energi potensial dari jatuhnya air serta fenomena *water hammer* [1]. Pengoperasian pompa hidram terbagi menjadi empat langkah kerja; akselerasi, kompresi, pemompaan dan *recoil*. Pada langkah kompresi katup limbah akan menutup secara tiba-tiba sehingga menghasilkan fenomena *water hammer*, dimana ketika air mengalami perubahan momentum massa fluida dan kemudian berimbas pada peningkatan tekanan [2], hal inilah yang dimanfaatkan untuk memindahkan air dari suatu tempat ke tempat lainnya. Dengan demikian peran katup limbah dan katup pengantar menjadi sangat penting dalam proses keberlangsungan siklus kerja pada pompa hidram.

Pentingnya peran katup limbah dan katup pengantar ini menjadi landasan untuk penelitian lebih lanjut mengenai pompa hidram, salah satunya dengan mengkaji karakteristik aliran pompa hidram serta unjuk kerja pompa hidram dengan memvariasikan kemiringan badan katup pengantar. Penelitian mengenai karakteristik aliran di dalam pompa hidram masih jarang dilakukan, dikarenakan bahan pompa hidram yang biasanya terbuat dari bahan baja ataupun PVC. Untuk itu dalam penelitian ini digunakan pompa hidram yang terbuat dari bahan akrilik berwarna transparan, sehingga karakteristik alirannya dapat diamati dengan lebih jelas.

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang akan dikaji pada penelitian ini di antaranya adalah meneliti pengaruh variasi kemiringan badan katup pengantar terhadap

karakteristik aliran di sekitar katup limbah pompa hidram serta unjuk kerja pompa hidram.

Beberapa batasan yang ditetapkan di dalam penelitian ini adalah:

1. Aliran air pada saat pengambilan data diasumsikan sebagai aliran *steady flow* dan *steady flow*.
2. Keadaan di lingkungan diasumsikan konstan.

2. Dasar Teori

Parameter yang berperan penting dalam performansi pompa hidram di antaranya adalah; debit dari penampungan air, debit hasil pemompaan, kombinasi panjang langkah katup, massa katup, volume tabung udara [3] dan masih banyak lainnya. Seperti pada sebuah penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, panjang langkah katup limbah juga berpengaruh pada peningkatan efisiensi [4]. Pada penelitian lain menunjukkan bahwa katup limbah dengan massa yang berat akan memungkinkan air untuk mengalir lebih cepat, sehingga semakin cepat pula katup limbah tertutup menyebabkan lonjakan tekanan yang besar dan berimbas kepada *head* pemompaan yang lebih baik [5]. Selain katup limbah, variasi bentuk katup pengantar pun berpengaruh terhadap unjuk kerja pompa hidram, penelitian lain telah dilakukan terhadap berbagai macam bentuk katup pengantar seperti bentuk pelat, bola dan juga peluru [6].

Pada penelitian ini digunakan variasi kemiringan badan katup pengantar untuk dilihat pengaruhnya terhadap karakteristik aliran yang terjadi di dalam pompa hidram serta terhadap unjuknyanya.

3. Metode Penelitian

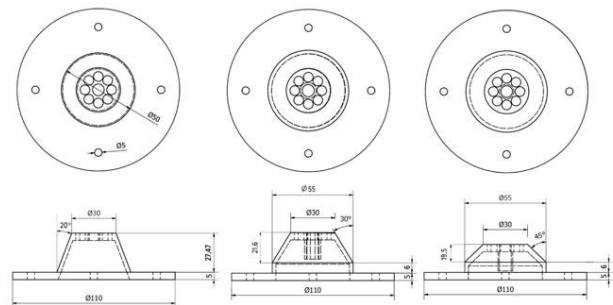
Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan membandingkan dua hasil pengujian; pengujian eksperimen dan pengujian simulasi. Pengujian eksperimen dilakukan dengan penambahan glitter tiga warna ke dalam aliran sebagai media untuk memudahkan proses pengamatan pola dan karakteristik aliran air. Pola aliran kemudian direkam menggunakan kamera dengan pengaturan rasio bingkai tinggi (*high frame rate camera*) pada mode gerak lambat (*slow motion mode*), kemudian hasil rekaman video tersebut dikonversi menjadi bingkai gambar terpisah, sehingga jejak pergerakan partikel glitter dapat diikuti dan diamati pola pergerakannya.

Alat dan bahan yang digunakan pada pengujian eksperimen adalah sebagai berikut:

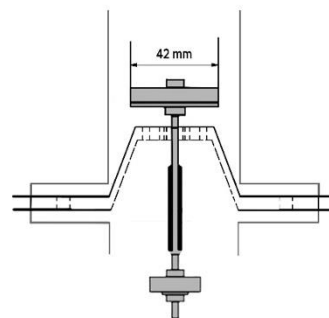
1. Kamera Sony RX 100 IV 960 fps.
2. Laptop yang sudah dilengkapi dengan perangkat lunak *Tracker* dan *Fiji-ImageJ*.
3. *Tool kit*.
4. *Stopwatch*.
5. Jangka sorong.
6. Timbangan.
7. Penggaris berwarna bening.

8. Alat suntik pewarna.
9. Pompa hidram berbahan akrilik.
10. Variasi kemiringan badan katup pengantar 15°, 30° dan 45°.
11. Air bersih.
12. Glitter tiga warna; merah, biru, hijau.

Gambar 1 menunjukkan ketiga desain dan dimensi badan katup pengantar yang digunakan sebagai variasi. Gambar 2 menunjukkan skema katup pengantar yang terpasang menggunakan badan katup pengantar pada kemiringan 15°.



Gambar 1. Detail variasi kemiringan badan katup pengantar



Gambar 2. Skema katup pengantar dengan badan katup pengantar kemiringan 15°

Setelah dilakukan pengujian eksperimen, tahapan selanjutnya adalah pelaksanaan pengujian simulasi. Pemodelan simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak simulasi *Ansys Fluent*.

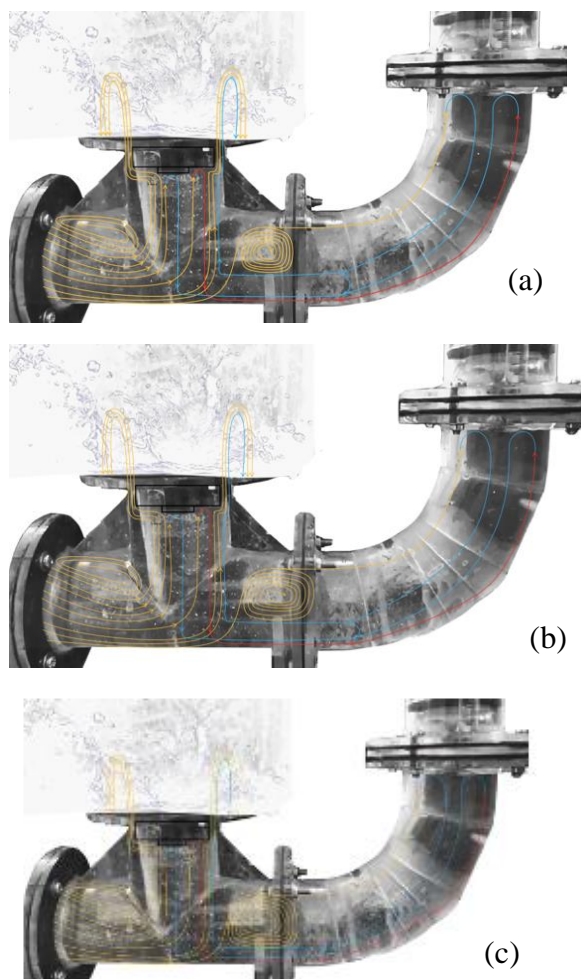
4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Visualisasi Pola Aliran

4.1.2 Akselerasi

Pada langkah akselerasi aliran air bergerak memasuki badan pompa, terlihat pula terbentuknya sirkulasi sesaat setelah aliran memasuki badan pompa (keduanya ditunjukkan dengan panah berwarna kuning). Karena katup limbah dalam keadaan terbuka, sehingga sebagian aliran akan terbuang keluar melalui celah di antara katup limbah. Kemudian dapat dilihat bahwa sebagian aliran lainnya akan berbalik arah akibat kontak dengan dinding katup limbah (ditunjukkan dengan panah berwarna biru dan warna merah); panah berwarna biru secara spesifik menunjukkan aliran yang terpantul kembali memasuki badan pompa kemudian terbuang keluar melewati katup limbah dan panah

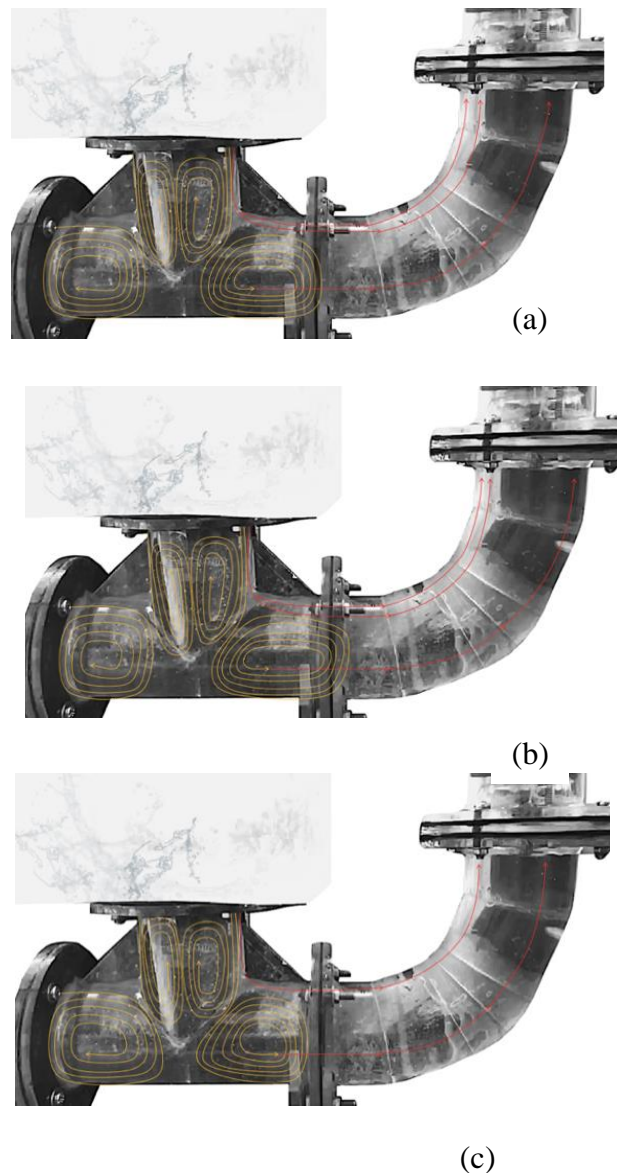
berwarna merah secara spesifik menunjukkan aliran yang terpantul kembali keluar dari badan pompa dan bergerak menuju katup pengantar.



Gambar 2. Pola aliran langkah akselerasi hasil eksperimen pada kemiringan badan katup pengantar (a) 15° (b) 30° (c) 45°

4.1.3 Kompresi

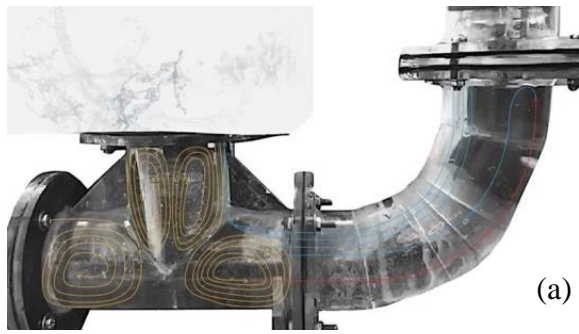
Tertutupnya katup limbah secara mendadak menciptakan fenomena *water hammer* yang sangat besar. Pada gambar hasil eksperimen, seperti yang telah disajikan pada Gambar 4 (a), (b) dan (c) terlihat bahwa *shockwave* tersebut mengakibatkan sirkulasi yang terjadi di seluruh bagian badan pompa (ditunjukkan dengan panah berwarna kuning), sehingga aliran di seluruh badan pompa bergerak acak menyebar ke segala arah. Setelah beberapa saat, terlihat pula adanya partikel glitter yang bergerak menuju pipa pengantar (ditunjukkan menggunakan panah berwarna merah).



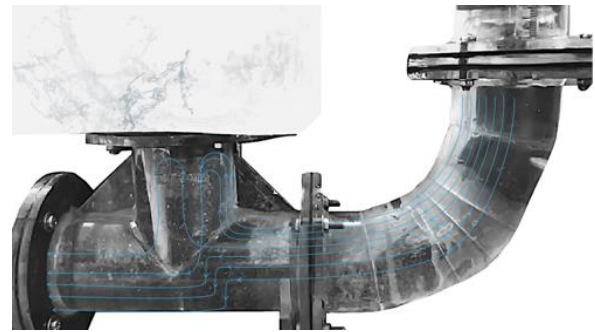
Gambar 4. Pola aliran langkah kompresi hasil eksperimen pada kemiringan badan katup pengantar (a) 15° (b) 30° (c) 45°

4.1.4 Pemompaan

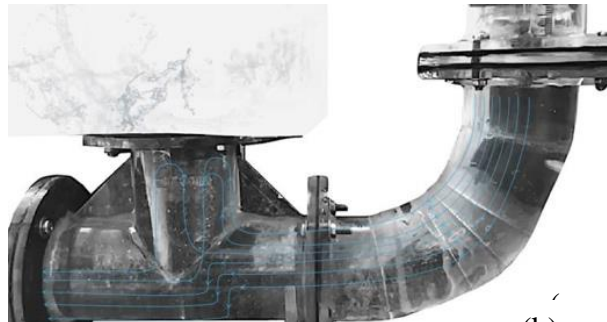
Pada gambar hasil eksperimen yang disajikan pada Gambar 4.5 (a), (b) dan (c), terlihat sirkulasi aliran yang bergerak acak di dalam badan pompa (ditunjukkan dengan panah berwarna kuning) masih terbentuk. Sirkulasi yang terjadi khususnya di bawah katup limbah kemudian akan mendorong aliran bergerak menuju pipa (ditunjukkan dengan panah berwarna merah), yang membedakan dari langkah sebelumnya yaitu aliran balik yang terpantul katup pengantar semakin jelas terlihat kembali memasuki badan pompa (ditunjukkan dengan panah berwarna biru).



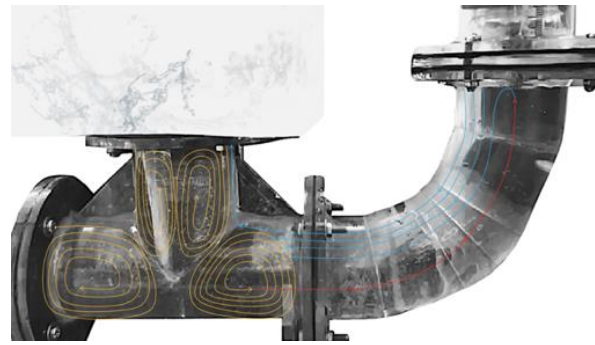
(a)



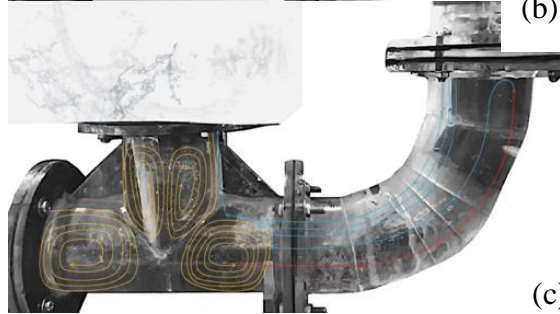
(b)



(b)



(c)

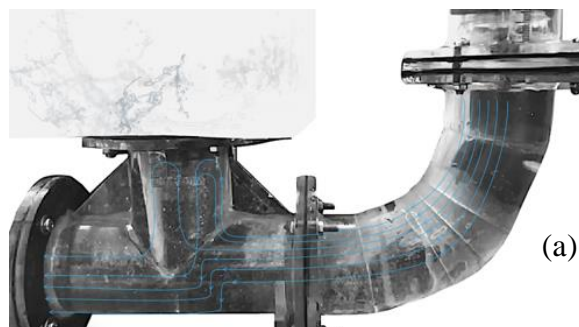


(c)

Gambar 6. Pola aliran langkah pemompaan hasil eksperimen pada kemiringan badan katup pengantar (a) 15° (b) 30° (c) 45°

4.1.5 Recoil

Pola aliran hasil eksperimen yang ditunjukkan pada Gambar 4.7 (a), (b) dan (c). Karena kedua katup dalam keadaan tertutup, maka aliran mengalami fenomena *backflow* atau berbaliknya arah aliran dari katup pengantar mengarah menuju badan pompa hingga ke pipa penggerak.

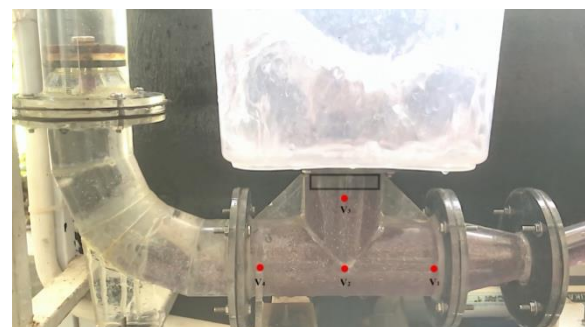


(a)

Gambar 8. Pola aliran langkah recoil hasil eksperimen pada kemiringan badan katup pengantar (a) 15° (b) 30° (c) 45°

4.2 Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran diambil sesaat setelah katup limbah kembali terbuka, tepatnya pada langkah akselerasi. Perhitungan kecepatan aliran di sekitar katup limbah dilakukan pada 4 titik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10 di bawah. Data kecepatan disajikan pada Tabel 1.

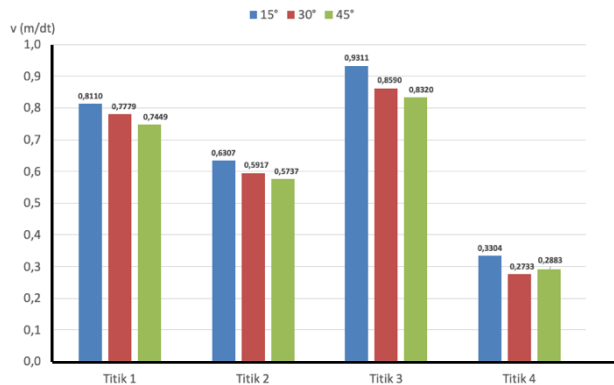


Gambar 10. Titik-titik kecepatan aliran pada pompa hidram

Tabel 1. Kecepatan aliran di sekitar katup limbah

Kecepatan di-	Variasi 15°	Variasi 30°	Variasi 45°
Titik 1	0,81095742	0,77791841	0,7448794
Titik 2	0,63074466	0,59169856	0,57367728
Titik 3	0,93109926	0,85901415	0,83198224
Titik 4	0,33039006	0,27332268	0,28834041

Nilai kecepatan yang ada pada Tabel 1 kemudian diubah ke dalam bentuk grafik batang seperti pada Gambar 11 di bawah. Dapat dilihat bahwa terjadi tren penurunan kecepatan seiring dengan bertambah besarnya kemiringan badan katup pengantar.

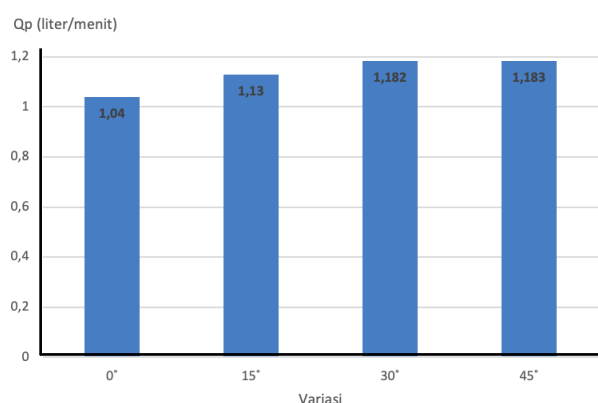


Gambar 11. Kurva kecepatan aliran saat langkah akselerasi

4.3 Unjuk Kerja Pompa Hidram

4.3.1 Debit Pemompaan

Hasil perhitungan debit pemompaan dilakukan sebanyak sepuluh kali pengulangan dan kemudian dirata-ratakan. Nilai rata-rata kemudian disajikan dalam bentuk grafik batang pada Gambar 12 di bawah. Grafik tersebut mengindikasikan bahwa semakin besar kemiringan badan katup pengantar, maka semakin besar pula debit pemompaan yang dihasilkan. Debit pemompaan terendah didapatkan pada variasi kemiringan badan katup pengantar 0° (badan katup pelat datar) yaitu sebesar rata-rata 1,04 liter/menit. Sementara debit pemompaan tertinggi didapatkan pada variasi kemiringan badan katup pengantar 45° yaitu sebesar rata-rata 1,183 liter/menit.

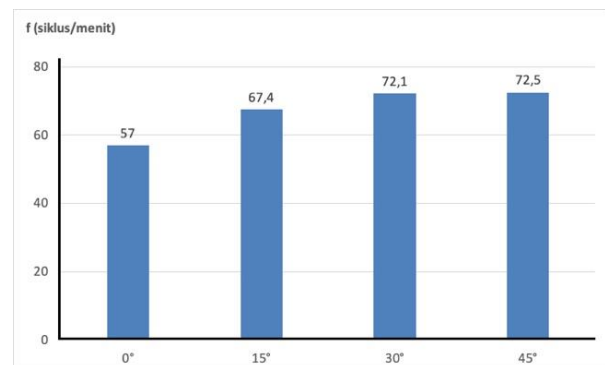


Gambar 12. Grafik debit pemompaan terhadap kemiringan badan katup pengantar

4.3.2 Frekuensi Siklus Pompa Hidram

Hasil perhitungan frekuensi satu siklus pompa hidram selama satu menit dilakukan sebanyak sepuluh kali pengulangan dan kemudian dirata-ratakan. Nilai rata-rata kemudian disajikan dalam

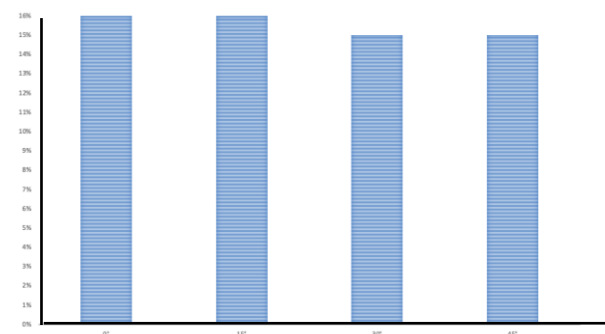
bentuk grafik batang seperti pada Gambar 13 di bawah. Grafik tersebut menunjukkan bahwa semakin besar kemiringan badan katup pengantar, semakin banyak pula frekuensi siklus pompa hidram dalam satu menitnya. Frekuensi siklus pompa hidram terendah didapatkan pada variasi kemiringan badan katup pengantar 0° (badan katup pengantar pelat datar) sebesar rata-rata 57 siklus/menit. Sementara frekuensi pompa hidram tertinggi didapatkan pada variasi kemiringan badan katup pengantar 45° sebesar rata-rata 72,5 siklus/menit.



Gambar 13. Grafik frekuensi satu siklus pompa hidram

4.3.2 Efisiensi Pompa Hidram

Efisiensi volumetris pompa hidram didapatkan menggunakan rumus dari D'aubusson. Data efisiensi volumetris pompa hidram dengan variasi kemiringan badan katup pengantar disajikan pada Gambar 14. Pompa hidram yang menggunakan badan katup pengantar dengan kemiringan 0° dan 15° memiliki nilai efisiensi sebesar 16%. Sementara pompa hidram yang menggunakan badan katup pengantar dengan kemiringan 30° dan 45° memiliki nilai efisiensi sebesar 15%.



Gambar 14. Grafik performansi pompa hidram terhadap kemiringan badan katup pengantar

5. Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian eksperimen terhadap visualisasi pola aliran pada pompa hidram khususnya di sekitar katup limbah didapatkan hasil bahwa kemiringan badan katup pengantar berpengaruh terhadap karakteristik aliran di dalam pompa hidram khususnya di sekitar katup limbah. Semakin besar kemiringan badan katup pengantar,

maka semakin besar ukuran sirkulasi yang terbentuk di sekitar katup limbah khususnya pada saat langkah kompresi dan pemompaan. Selain itu, terlihat pula bahwa semakin besar kemiringan badan katup pengantar semakin rendah kecepatan aliran yang terjadi di sekitar katup limbah. Pada pengujian eksperimen mengenai unjuk kerja pompa hidram, didapatkan hasil bahwa pompa hidram menghasilkan frekuensi siklus pompa hidram terbanyak pada pompa hidram dengan badan katup pengantar dengan 45° yaitu sebesar 72,5 siklus/menit. Debit pemompaan terbesar dihasilkan pada pompa hidram dengan badan katup pengantar 45° yaitu sebesar 1,183 liter/menit.

Daftar Pustaka

- [1] Utomo, G. P., Supardi, dan Santoso E., 2015, *Analisa Pengaruh Tinggi Jatuhan Air terhadap Head Pompa Hidram*, Jurnal Pengabdian LPPM Untag Surabaya, Vol. 01, No. 02, pp. 211-244
- [2] Suarda, M., dan Wirawan, I K.G., 2008, *Kajian Eksperimental Pengaruh Tabung Udara pada Head Tekanan Pompa Hidram*, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CakraM. Vol. 2, No. 1, pp. 10-14.
- [3] Pathak, A., Deo, A., Khune, S., Mehroliya, S., dan Pawar, M.M. , 2016, *Design of Hydraulic Ram Pump*. IJIRST International Journal for Innovative, Research in Science & Technology. Vol. 2, No. 10, pp. 290-293.
- [4] Inversin, A.R., 1978, *The Construction of a Hydraulic Ram Pump*. Papua New Guinea: South Pacific Appropriate Technology Foundation.
- [5] Laksana, K.B., Suarda, M., Ghurri, A. *Pengaruh Diamete Piringan Katup Limbah Terhadap Tekanan Aliran Balik dalam Pompa Hidram*, Jurnal Ilmiah Nasional dalam Bidang Ilmu Teknik Mesin. Vol. 5, No. 2, pp. 1-7.
- [6] Suarda, M., dan Sukadana, I K.G. 2013, *Perancangan dan Pengujian Unjuk Kerja Katup Tekan Pompa Hydram Model Plat, Membran, Bola dan Setengah-Bola*. Prosiding: Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM – XII), Bandar Lampung, 22-23 Oktober, pp. 387 - 394.

